

Исследование влияния химических обрабатывающих составов на кольтматационные процессы и изменение фильтрационно-емкостных свойств кернового материала тульско-бобриковского горизонта

А.Ю. Дмитриева

к.т.н., научный сотрудник ЭРС¹
oav@tatnipi.ru

М.Х. Мусабилов

д.т.н., зав. лабораторией ОПЗиВИР¹
musabirov@tatnipi.ru

И.М. Насибулин

к.т.н., зам. директора по развитию
производства и сервиса²
nas-ilshat@ya.ru

¹Институт "ТатНИПИнефть" ПАО "Татнефть"

им. В.Д. Шашина, Бугульма, Россия

²ООО «Карат», Казань, Россия

Статья посвящена лабораторным исследованиям в области нефтепромысловой химии. Объектом исследования являются керновые материалы терригенных коллекторов тульско-бобриковского горизонта ряда месторождений ПАО «Татнефть» в части изучения кольтматационных процессов при их обработке химическими составами (традиционными глинокислотными растворами на основе плавиковой кислоты и предлагаемыми новыми бесфторными химическими составами (далее — БФХС). Экспериментально физическими методами показана перспективность применения БФХС на основе щелочных и кислотных растворов, положительная динамика проницаемости и пористости при моделировании процесса обработки прискважинной зоны пласта (далее — ПЗП) терригенных тульско-бобриковских пластов-коллекторов ПАО «Татнефть» с минимизацией кольтматирующих вторичных осадкообразований.

Цель данной работы — изучение структурных и литологических особенностей керновых образцов породы, морфологии и вещественного цементирующего материала с помощью физических методов электронной спектроскопии, рентгенофазового, хромотографического, фотоколориметрического анализа и исследования фильтрации БФХС на современной керновой установке для обоснованного адресного подбора химических составов для конкретных изучаемых пород-коллекторов ПАО «Татнефть».

В результате проведенных исследований кернового материала и тестовых фильтрационных опытов на тульско-бобриковских кернах сформулированы конкретные рекомендации по адресному опытно-скважинному применению новых химических составов.

Ожидаемые практические результаты — повышение эффективности и успешности ОПЗ скважин на объектах разработки ПАО «Татнефть».

Актуальной задачей интенсификации процессов добычи нефти является разработка новых химических составов и технологий обработки и стимуляции продуктивности прискважинной зоны нефтяного пласта. Продуктивность терригенных и сложнопостроенных терригенно-карбонатных заглинизированных коллекторов в значительной мере определяется вещественным и гранулометрическим составом, а также типом и литологией цементирующих разностей. Природа и характер взаимодействия между частицами и микроагрегатами глинистых минералов определяется структурными связями, возникающими в свежееотложившемся глинистом осадке. Современные представления о формировании структурных связей в глинистом осадке основаны на том, что их формирование

происходит под влиянием физических и химических процессов [1–5].

Кинетика разрушения глинистых образований во многом определяется кристаллохимическими особенностями минералов, их слагающим составом и концентрациями реагентов, pH среды, ее температурой и рядом других условий (пластовое давление, газовый фактор, литологический состав нефтенасыщенных пород и их фильтрационные свойства). Влияние реакции среды на устойчивость глинистых агрегатов рассматривали различные авторы. Исследовался процесс искусственного осадкообразования в суспензиях коалинитовой, гидрослюдистой и монтмориллонитовой глин при различных значениях pH среды. Влияние pH среды на устойчивость глинистых агрегатов рассматривается с позиций изменения величины поверхностного заряда частиц и, соответственно, емкостей катионного и анионного обменов.

Повышение эффективности выработки таких коллекторов связано с применением различных модификаций методов реагентной разглинизации и ОПЗ пластов, сущность которых заключается в подборе и применении различных химических составов и смесевых реагентов, таких как глинокислота (смесь соляной и плавиковой кислот, окислителей типа гипохлоритов и пероксидов, бисульфата натрия, бикарбоната натрия и др. реагентов). Большой сегмент занимают глинокислотные обработки.

Основным недостатком глинокислотных составов являются относительно быстрые реакции вторичного осадкообразования, в результате которых образуются труднорастворимые в воде соединения: SiO₂ (аморфный кремнезем), H₂SiO₃, H₄SiO₄ (ортокремниевые кислоты), фториды, фторалюминаты и

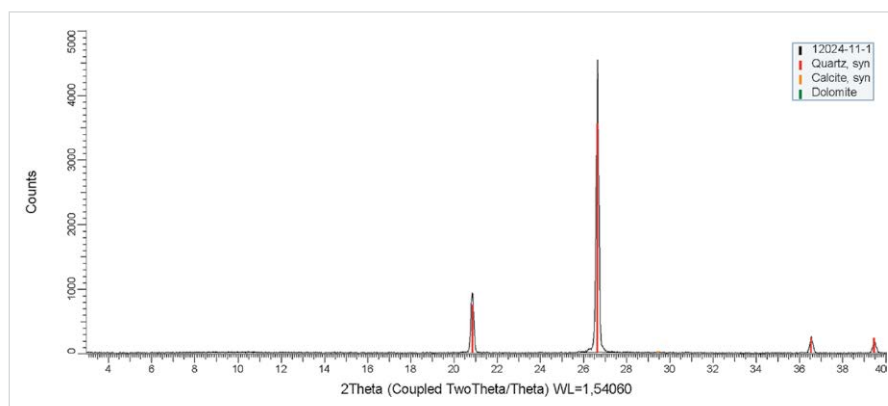


Рис. 1 — Диффрактограмма образца № 11
Fig. 1 — Sample 11 Diffraction Pattern

Материалы и методы

Исследования кернового материала основных терригенных объектов разработки (бобрик, тула). Проведены литологические, петрофизические исследования, анализ глинистой компоненты. Применялась рентгеновская компьютерная томография (РКТ) — метод неразрушающего исследования внутренней структуры объекта.

Ключевые слова

терригенный коллектор, минералогический состав, рентгенографический анализ, глинистая составляющая, бесфторные составы



Рис. 2 — Фото шлифов образца № 11
Fig. 2 — Sample 11 Thin Section Photo

фторсиликаты металлов. Эти соединения при достижении критической концентрации или по мере нейтрализации кислоты (снижения рН рабочего раствора) выпадают в осадок. Эти осадки приводят к кольматации порового пространства ПЗП, и как следствие, резко снижают эффективность кислотного воздействия вплоть до отрицательного эффекта на продуктивность добывающей скважины. Дополнительная кольматация прискважинной зоны пласта может иметь место вследствие осаждения гидроксида железа $Fe(OH)_3$, асфальтенов из состава нефти и эмульсиеобразования кислотных составов с нефтью.

Плавиковая кислота, входящая во все рецептуры глинокислотных составов, отличается повышенной токсичностью и высокой коррозионной активностью. Поэтому при современных исследованиях отечественных и зарубежных специалистов в данной области нефтепромышленной химии и технологии кислотного воздействия на терригенные пласты серьезное внимание уделяется минимизации содержания плавиковой кислоты или изысканию возможности ее замены на другие химические вещества и реагенты, минимизирующие степень осадкообразования, коррозионной активности и влияния на здоровье рабочего персонала.

Анализ промышленного материала, отечественных и зарубежных данных и патентная проработка по химии и технологии глинокислотных обработок ПЗП терригенных коллекторов показывает:

- сложность и неоднозначность основных физико-химических процессов и механизмов кислотного воздействия на гамму минеральных компонентов терригенного коллектора;
- перспективность научных исследований и практическую ценность разработки бесфторных химических композиций.

Этим научным аспектам и посвящена данная статья, в которой отражены новые подходы в изыскании адресности химического воздействия новых бесфторных составов (подана заявка на предполагаемое изобретение). Программа комплексных исследований состояла из следующих последовательно выполняемых и взаимосвязанных работ, физико-химических экспериментов и тестовых опытов:

- теоретические проработки влияния химических обрабатываемых составов на фильтрационно-емкостные свойства (далее — ФЕС) кернового материала и внутрипоровые кольматационные процессы;
- керновые исследования по изучению строения и вещественного состава объектов исследования;
- томографические и фильтрационные опыты с кернами до и после прокачки химических составов на бесфторной основе;
- тестовые опыты по химической растворимости кернового материала в объеме химических составов на бесфторной основе;
- тестовые опыты по оценке химической совместимости БФХС с нативными пластовыми флюидами (нефть, минерализованная вода);
- тестовая оценка БФХС на коррозионную активность.

Для литологических исследований и определения химического состава образцов керна были изготовлены шлифы, которые изучались при помощи оптического

поляризационного микроскопа проходящего света исследовательского класса «Axio Imager» (Carl Zeiss, Германия).

Исследуемый образец №11 — песчаник кварцевый, мелкозернистый, слабо известковистый, равномерно нефтенасыщенный, с однородной темно-коричневой окраской, обуславливающей массивную текстуру породы (рис. 1, 2).

Под микроскопом структура породы мелкозернистая, текстура — однородная. Песчаник на 90–95 % сложен обломочной компонентой, на 5–10 % — цементирующим их материалом. Аллотигенная часть, средним размером 0,1–0,25 мм, представлена полуокатанными и угловатыми зернами кварца изометричного и удлиненного облика. Обломки минералов плотно упакованы в объеме породы, соприкасаясь краями. Между зернами преобладают выпукло-вогнутые контакты взаимного приспособления. Участками близко расположенные кварцевые зерна сростаются, образуя кластерные агрегаты с однородным погасанием. Обломки минералов сцементированы карбонатно-кремнеземистым цементом. Кремнеземистый цемент (95%) по составу кварцевый, контактового и регенерационного типов. Карбонатный цемент (5%) по составу кальцитовый, ступкового типа, по структуре мелко-среднезернистый. Из аутигенных минералов отмечается присутствие редких агрегатов пирита размером до 0,05 мм. По данным рентгенографического анализа в песчаниках присутствуют и аутигенный доломит.

Песчаники содержат около 10% пор. Поры межзерновые, сообщающиеся, размером 0,05–0,1 мм, выполнены углеводородами.

Минеральный состав по данным рентгенографического анализа: кварц — 96,9 %, кальцит — 2,1 %, доломит — 1,0 %.

С помощью рентгенографического анализа и съемок на оптическом и сканирующем (растровом) электронном микроскопе проведен морфолого-генетический анализ глинистых минералов с целью определения возможного влияния их на ФЕС исследуемых образцов после кислотного воздействия (рис. 3).

Исследования проводились на сканирующем электронном микроскопе EVO 50 (Carl Zeiss). Для режима морфологии использовали детектор вторичных электронов при следующих параметрах: ускоряющее напряжение первичного пучка электронов — 20 кВ, ток пучка — 212 пА, рабочее расстояние от полюсного наконечника (фронтальной линзы) до образца — от 8,5 до 10 мм.

Увеличения варьировались в зависимости от размеров объектов. В основном, из-за рельефности, применялся режим «глубины фокуса». Пробоподготовка: свежий скол, далее фиксация на держатель при помощи двустороннего углеродного скотча и напыление токопроводящим слоем золота в установке магнетронного напыления.

Использование сканирующего электронного микроскопа значительно расширяет представления о морфологии глинистых минералов, цементирующих поровое пространство в терригенных коллекторах. По данным микроскопического исследования определяются: форма зерен и особенности их упаковки, характер изменений и распределение цементной массы в межзерновом пространстве. А минералогический состав

обычно устанавливается методом рентгеноструктурного анализа, поскольку этот метод — единственный для достоверной диагностики глинистых минералов.

Согласно данным в породах-коллекторах наиболее часто встречаются следующие глинистые минералы, которые слагают тонкодисперсную составляющую цемента обломочных частиц:

- каолинит $AlSi_4O_{10}(OH)_8$;
- смешанно-слоистая фаза «иллит-сметтит».

Тонкодисперсные минералы глинистой компоненты пород-коллекторов являются образованиями с неустойчивой кристаллохимической структурой и активными поверхностными свойствами.

Морфология глинистых частиц значительно влияет на фильтрационные процессы в пласте. Кислотные обработки в терригенных коллекторах нацелены, как правило, на удаление коагулирующих минералов и восстановление первоначальной проницаемости или ее увеличение.

Использование технологий, основанных на химических методах удаления из коллектора коагулирующих минералов для восстановления его первоначальной проницаемости или ее увеличения (кислотные обработки, реагентная разглинизация и др.), может привести к осложнению проводимых мероприятий по обработке призабойной зоны пластов (далее — ОПЗ).

При изучении ФЕС коллекторов углеводородов зачастую используются обобщенные характеристики коллекторов (открытая пористость и проницаемость, определяемые стандартными методами), при этом не учитываются особенности структуры порового пространства коллекторов, что в дальнейшем

значительно снижает эффективность разработки месторождений.

Коллекторские свойства имеют сложные взаимосвязи с литологическими особенностями пород. Немаловажным является характер цементирующей тонкодисперсной массы, который является определяющим фактором ФЕС [3].

Понижение проницаемости призабойной зоны пласта, как правило, вызывается закупориванием ее пор мигрирующими мелкими частицами, набухающим глинистым материалом пород коллектора, например, закупоривающим поры иллитом.

С точки зрения кристаллохимии каолинит является неразбухающим минералом, но его агрегаты имеют способность изменять объем вследствие межагрегатного насыщения флюидом (внедрение последнего между кристаллическими пластинами). С понижением проницаемости коллекторов количество каолинита падает, а других минералов (хлорита, иллита) растет [4]. Он оказывает наименьшее влияние на снижение проницаемости.

Кроме первичных реакций растворения, ради которых и производится кислотная обработка пласта, неизбежно происходят и вторичные реакции, то есть реакции кислот и компонент породы с продуктами первичных реакций [5].

Эта информация очень важна для обоснования и подбора химических реагентов для ОПЗ конкретных анализируемых объектов. Наличие кальцита с содержанием более 10% может спровоцировать появление фторида кальция, который обычно образуется в результате реакции кальцита с плавиковой кислотой, также он может образовываться при взаимодействии кислоты с пластовой

водой, содержащей ионы кальция. При карбонатности коллектора свыше 10% использование плавиковой кислоты (в составе глиноукислоты) запрещается. Образец №11 характеризуется повышенным содержанием кальцита — 13%, что учитывалось при подборе химических компонентов БФХС.

Исходя из приведенных данных, сделано заключение, что удаление, стабилизация или, по крайней мере, предотвращение набухания глинистых минералов в призабойной зоне пласта позволит значительно повысить эффективность ОПЗ в терригенных породах-коллекторах. Для этого предлагается в химических составах целевое дозирование калийсодержащих реагентов (раствор гидроксида калия) или ПАВ-ингибиторов.

Для регистрации строения пустотного пространства (объемных и геометрических характеристик) образцов керна до и после химического воздействия БФХС применялась рентгеновская компьютерная томография — метод неразрушающего исследования внутренней структуры объекта, основанный на измерении ослабления рентгеновских лучей различными участками объекта, различающимися плотностью, составом и толщиной. Для формирования трехмерных образов внутренней структуры объекта использовалась сложная компьютерная обработка массивов данных по множеству его двумерных теневых проекций (рис. 4). Исследования проводились на системе промышленной рентгеновской микротомографии Phoenix V|tome|X.

Для полученных образцов была использована нанофокусная трубка. Съемка проводилась при ускоряющем напряжении 100 кВ и токе 135 мА. Использовался медный фильтр толщиной 0,5 мм. Разрешение при съемке

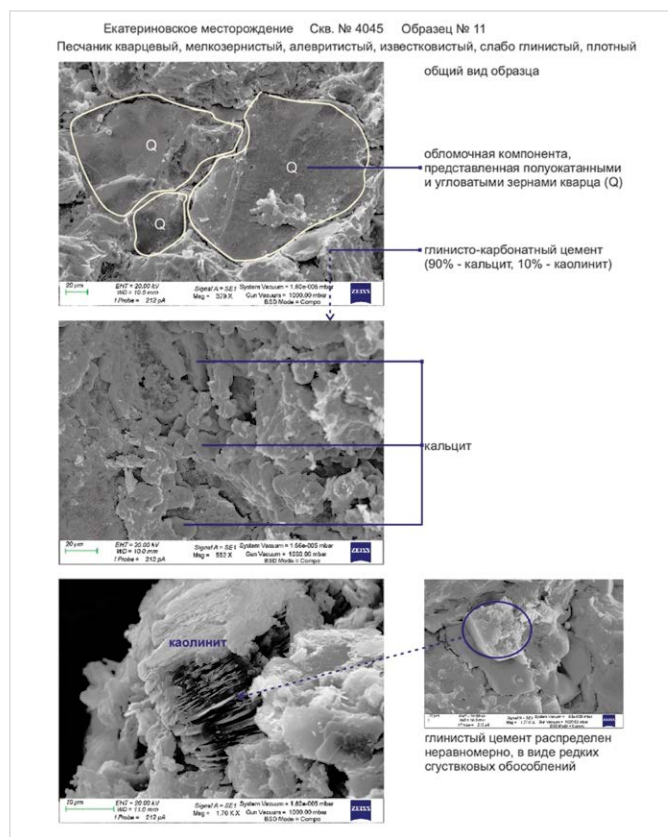


Рис. 3 — Фотографии образца № 11, выполненные на электронном сканирующем микроскопе
Fig. 3 - Sample 11 SEM Photos



Рис. 4 — Томограммы порового пространства образца № 11771-12: а) до фильтрации; б) после фильтрации химического состава №6
Fig. 4 — Sample 11771-12 Void Space Tomograms: а) before filtering; б) after filtering of chemical agent No.6

— 30 мкм (объем 1-го вокселя). Расчет общей пористости образцов производился с помощью ПО Avizo Fire.

Таким образом, физический метод томографии позволил зафиксировать не только качественную картину 3D-визуализации процесса образования каналов растворения, но и анализировать количественные характеристики динамики проницаемости и пористости в кернах до и после осуществления химического воздействия на эти керны.

Согласно результатам проведенных исследований, в анализируемых породах-коллекторах часто встречаются следующие глинистые минералы, которые слагают тонкодисперсную составляющую цемента обломочных частиц: каолинит $AlSi_4O_{10}(OH)_8$ и смешанно-слоистая фаза «иллит-сметит», которые могут обеспечивать основные осложнения — разбухание глинистых частиц, закупорку поровых каналов отдельными частицами (явление суффозии).

Исходя из приведенных данных, сделано важное заключение, что удаление, стабилизация или, по крайней мере, предотвращение набухания глинистых минералов в прискважинной зоне пластов позволит повысить эффективность ОПЗ в исследованных терригенных породах-коллекторах. Этот фактор будет основным при подборе базовых обрабатываемых химических составов при фильтрационных исследованиях. На данном этапе исследований была поставлена цель: разработать рекомендации по подбору конкретных бесфторных химических композиций (БФХС) для адресных ОПЗ бобринско-тульских терригенных отложений визейского яруса с учетом установленных нами геолого-литологических характеристик коллекторов.

Конкретные рекомендации и промежуточные выводы установлены при выполнении исследований в следующей методической последовательности:

- оценка влияния химических композиций на динамику фильтрационно-емкостных показателей (проницаемость керна по воде, общий поровый объем);
- растворяющая способность химических композиций образцов кернов в свободном объеме в статике;
- исследования по химической совместимости реагентов с нативной нефтью конкретных горизонтов;
- исследования по оценке коррозионной активности реагентов.

Результаты представлены ниже в таблице.

Тестирование БФС проводилось на фильтрационной установке Vinci CFS-700 при следующих параметрах:

- температура 27°C;
- давление обжима 31,0044 МПа (4410 psi);

- противодействие 8,43538 МПа (1200 psi).

Основная научная направленность экспериментов с БФХС — оценка влияния композиций химических ингредиентов не столько на силикатную матрицу, а с ориентированием на цементирующие разности породы-коллектора.

Проницаемость рассчитывается по пластовому флюиду (воде) с целью исключения ошибочного увеличения проницаемости за счет вытеснения нефти кислотным составом. Для этого осуществляли фильтрацию пластового флюида (воды) через образец керна со скоростью фильтрации (темп прокачки), соответствующей реальным режимам движения обрабатываемой жидкости в прискважинной зоне пласта изучаемого объекта. При этом регистрировали перепад давления. После достижения стабилизации процесса фильтрации пластового флюида (установления постоянной скорости фильтрации и постоянного перепада давления на торцах керна), рассчитывали коэффициент проницаемости ($K_{пр}$) по изучаемому и пластовому флюиду.

По результатам проведенных фильтрационных опытов установлено:

- а) на керне бобринского горизонта после прокачки щелочного состава достигнуто увеличение проницаемости в 1,052 раза, соответственно объем порового пространства на 1,2%. Этот эффект обусловлен целевым применением щелочного раствора с ионами K^+ и комплексом — динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты. Схема действия последнего основана на извлечении ионов металла из нерастворимых солей металлов и замещения их на ионы натрия, почти все соли которого растворимы в воде причем независимо от валентности металла, т.е. нерастворимые соли металлов становятся растворимыми, в частности данный комплекс является растворителем соединений кальция, бария и др. металлов. Обработка алевролитистого песчаника бобринского горизонта щелочным раствором комплекса обеспечило частичное разрушение глинистого материала и снизило гранично-связанную воду, что оказало положительное влияние на динамику ФЕС. Щелочной раствор комплекса приводит к некоторому увеличению общего порового пространства, но значительного увеличения площади каналов, соединяющих эти поры, не фиксируется. Практическая рекомендация — опытное скважинное применение щелочного состава должно быть строго адресное, т.е. в коллекторах данного литологического типа: алевролитистый песчаник бобринского горизонта;
- б) на керне тульского горизонта (низкопроницаемый алевролит) после прокачки кислотного состава достигнуто увеличение

проницаемости в 1,125 раза, при этом объем порового пространства увеличился на 2,06%. В данном типе терригенного коллектора основной эффект обуславливается взаимодействием кальцитового цемента с соляной кислотой, что увеличивает ФЕС в образце с глинисто-карбонатным цементом. Рекомендуется опытное применение кислотного состава строго адресное, т.е. в коллекторах данного литологического типа: алевролит с глинисто-карбонатным цементом тульского горизонта. Рекомендация в практическом аспекте — при проектировании ОПЗ разработанными кислотными и щелочными химическими композициями в период ОПИ необходимо ориентироваться на высокоскоростную закачку реагентов с высокими давлениями нагнетания.

В таблице сведены основные результаты исследований БФХС на кривой установке, а также тестовых исследований с нативной нефтью и коррозионных опытов в объеме химических реагентов.

Итоги

По итогам исследований на период опытно-промышленных работ разработана инструкция на технологию ОПЗ терригенного пласта с применением новой рецептуры бесфторных составов (БФС). В рамках ОПР в текущем году планируется проведение работ на восьми скважинах.

Выводы

Полученные результаты исследований позволили сформулировать следующие выводы:

- 1) проведенные литологические, петрофизические исследования и анализ глинистой компоненты показали возможность важной дополнительной типизации коллекторов по критерию «состав и литология цементного вещества»:
 - глинисто-карбонатный;
 - карбонатно-кремнеземистый;
 - глинисто-кремнеземистый;
- 2) новые знания по типизации обосновывают необходимость и важность адресного подбора обрабатываемых химических составов к каждому литолого-стратиграфическому типу коллектора даже одного горизонта;
- 3) с учетом адресного подбора обоснованы и исследованы новые химические составы на бесфторной основе, обладающие селективной (компонентной) химической растворимостью породы в статических условиях (навеска керна находится в объеме обрабатываемой композиции), а также в динамических условиях фильтрационных опытов с минимизацией осадкообразования, составы соответствуют критериям «допустимая коррозия» и «совместимость с нефтью»;

Тип состава	Увеличение проницаемости/ пористости при фильтрации БФХС через керны, разы / %	Растворяющая способность БФХС кривого материала, % масс.	Тесты на совместимость с нативной нефтью, эмульсие- и осадкообразование	Тесты на коррозию, скорость коррозии, г/м ² час	Примечания
1. состав на щелочной основе	1,052 / 1,2	19,8 (бобрин)	Осадкообразование отсутствует	0,16	Темп нагнетания — 1 мл/мин, объем прокачки — 3 пор. объема.
2. состав на кислотной основе	1,125 / 2,06	32,9 (тула)	Эмульсиеобразование отсутствует	0,19	Темп нагнетания — 1 мл/мин, объем прокачки — 3 пор. объема.

Таблица — Результаты исследований БФХС
Table — NFCA research results

4) проведенные целевые комплексные исследования являются актуальными и направлены на повышение эффективности химических технологий обработки терригенных пластов-коллекторов; в текущем году планируются опытно-промышленные работы с применением разработанных БФХС; полученные результаты имеют научное и прикладное обоснование и значимость в решении современных бизнес-вызовов ПАО «Татнефть».

Список литературы

1. Т.Р. Хисамиев, М.А. Токарев, А.С. Чинаров. Технология обработки призабойной зоны пласта и освоения скважин при

разглинизации композициями на основе веществ, обладающих сильными окислительными свойствами // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. № 1. С. 14–20.

2. Дудова А.О. Оценка эффективности воздействия кислот и других химических реагентов, применяемых с целью интенсификации притока // Бурение и нефть. 2009. № 6. С. 30–31.

3. Насибулин И.М., Мисолина Н.А., Баймашев Б.А. Учет влияния глинистой составляющей на результативность применения методов интенсификации в терригенных коллекторах.

Международная научно-практическая конференция «Высоковязкие нефти и природные битумы: проблемы и повышение эффективности разведки и разработки месторождений». Казань, 2012.

4. Харченко С.И. Связи фильтрационно-емкостных и структурно-вещественных параметров пород пласта Ю1 Восточно-Придорожного месторождения // Вестник нефтепользователя ХМАО. 2003. №10. С. 5–8.

5. Li Y.-H., Fambrough J.D., Montgomery C.T. Mathematical modeling of secondary precipitation from sandstone acidizing // SPE Journal, 1998, issue 4, pp. 393–401.

Study of the impact of the chemical treatment agents on the colmatating processes and the change of the permeability and porosity of the Tula Bobrikovian horizon cores

UDC 622.276

Authors:

Alina Yu. Dmitrieva — Ph.D., research associate ERS¹; oav@tatnipi.ru

Munavir Kh. Musabirov — Sc.D., head of laboratory OPZiVIR²; musabirov@tatnipi.ru

Il'shat M. Nasibulin — Ph.D., deputy director for production and service development²; nas-ilshat@ya.ru

¹“TatNIPIneft”, PJSC “Tatneft”, Bugulma, Russian Federation

²LLC “Karat”, Kazan, Russian Federation

Abstract

The article concentrates on the oil-field chemistry laboratory studies. The terrigenous reservoir cores of the Tula Bobrikovian horizon belonging to a range of PJSC Tatneft fields are a subject of the study in terms of the colmatating processes when treated with chemical agents (traditional acid-cut clay muds based on hydrofluoric acid and new suggested non-fluorine chemical agents (hereafter referred to as NFCA). Experimental physical methods show how using alkaline and acid solution based NFCA is promising in terms of the permeability and porosity improvement when modeling the process of well bore zone (hereafter referred to as WBZ) treatment in the terrigenous Tula Bobrikovian reservoirs belonging to PJSC Tatneft with minimized colmatating secondary sediment formation.

Materials and methods

The study of the cores of the main terrigenous development targets (Bobrikovian, Tula). Lithological, petrophysical studies are carried out along with the banding clay analysis. X-ray

computer tomography is applied as a NDE method of the internal structure of the target.

Results

An instruction is developed based on the studies carried out during the pilot project for the technology of the BHT in the terrigenous deposit using a new formula for the non-fluorine agents (NFA). Main engineering solutions suggest works in eight wells in the current year.

Conclusions

The obtained results of the studies allow to formulate the following conclusions:

- 1) The carried out lithological, petrophysical studies of the banding clay has shown that an important additional typification of collectors is possible upon ‘composition and lithology of cement component’ criterion:
 - clay-carbonate;
 - carbonate- siliceous;
 - clay- siliceous;
- 2) New knowledge about the typification justify the necessity and importance of specific selection of the chemical treatment formulae for each lithological and stratigraphic type of

the reservoir even in one horizon;

- 3) Considering the specific selection, new non-fluorine based chemical formulae of selective (componential) chemical solubility of the rock in static conditions (core charge is in the scope of treating compositions), and in dynamic conditions of the filtration experiments with minimization of the sediment formation are justified and studied, the formulae correspond with ‘allowable corrosion’ and ‘compliance with oil’ criteria;
- 4) The carried out specific complex studies are relevant, and are aimed at increasing the efficiency of the terrigenous reservoir chemical treatment technologies; there are pilot projects planned for the current year with the use of the developed NFCA; the results are justified scientifically and experimentally, and are significant in terms of being a solution to modern business challenges of PJSC Tatneft.

Keywords

terrigenous reservoir, mineral composition, X-ray analysis, banding clay, non-fluorine agent

References

1. T.R. Khisamiev, M.A. Tokarev, A.S. Chinarov. *Tekhnologiya obrabotki prizaboynoy zony plasta i osvoeniya skvazhin pri razglinizatsii kompozitsiyami na osnove veshchestv, obladayushchikh sil'nymi okislitel'nymi svoystvami* [Bottom-hole formation zone treatment technology and well development in case of filter cake dissolving with agents with strong oxidizing properties]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov*, 2011, issue 1, pp. 14–20.
2. Dudova A.O. *Otsenka effektivnosti vozdeystviya kislot i drugikh khimicheskikh reagentov, primenyaemykh s tsel'yu*

intensifikatsii pritoka [Estimation of the efficiency of the acid and other chemicals effect, used to stimulate the production]. *Burenie i nef't*, 2009, issue 6, pp. 30–31.

3. Nasibulin I.M., Misolina N.A., Baymashchev B.A. *Uchet vliyaniya glinistoy sostavlyayushchey na rezul'tativnost' primeneniya metodov intensivatsii v terrigennykh kollektorakh* [Consideration of the impact of the banding clay on the performance of using stimulation methods in the terrigenous reservoirs]. International scientifically-practical conference «*Vysokovязkie nef'ti i prirodnye bitumy: problemy i povyshenie effektivnosti*

razvedki i razrabotki mestorozhdeniy». Kазan, 2012.

4. Kharchenko S.I. *Svyazi fil'tratsionno- emkostnykh i strukturno-veshchestvennykh parametrov porod plasta Yu1 Vostochno-Pridorozhnogo mestorozhdeniya* [Relations of the permeability and porosity and structural and real parameters of the U1 reservoir of the Eastern Pridorozhnoe field]. *Vestnik nedropol'zovatelya KhMAO*, 2003, issue 10, pp. 5–8.
5. Li Y.-H., Fambrough J.D., Montgomery C.T. Mathematical modeling of secondary precipitation from sandstone acidizing // *SPE Journal*, 1998, issue 4, pp. 393–401.